

Волгоградский сельскохозяйственный институт

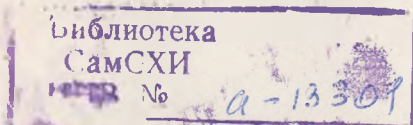
На правах рукописи

Нарбаев Худаяр

**ОБОСНОВАНИЕ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ЧИСЕЛ
ТРАНСМИССИИ ТРАКТОРА
С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОЙ МОЩНОСТИ
В СОСТАВЕ
МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА**

Специальность 05.20.03 — эксплуатация, восстановление
и ремонт сельскохозяйственной техники

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук



Волгоград 1990

Работа выполнена на кафедре «Тракторы, автомобили и теплотехника» Волгоградского сельскохозяйственного института.

Научные руководители: доктор технических наук, профессор **Н. Г. Кузнецов**; кандидат технических наук, доцент **В. Г. Кривов**.

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор **Л. Е. Агеев**; кандидат технических наук, доцент **А. И. Ключев**.

Ведущее предприятие — ГСКБ Волгоградского тракторного завода им. Ф. Э. Дзержинского.

Защита диссертации состоится «16» октября 1990 г. в 10 часов на заседании специализированного совета К 120.56.02 в Волгоградском сельскохозяйственном институте по адресу: 400041, г. Волгоград, ул. Институтская, 8, СХИ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Волгоградского сельскохозяйственного института.

Автореферат разослан «11» сентября 1990 г.

Ученый секретарь специализированного совета
кандидат технических наук, доцент **Федякин В. И.**

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Переход всех отраслей народного хозяйства на новые формы организации труда, отход от затратной экономики и введение элементов рыночного ее регулирования ставит перед службами использования сельскохозяйственной техники задачу комплексной оценки пригодности конкретных машин, предлагаемых потребителю изомощно настроенными предприятиями изготовителями, к условиям производственной эксплуатации, обслуживания и ремонта. Ранее проведенными исследованиями доказано, что применение двигателей постоянной мощности (ДПМ) позволяет сохранить автоматичность приспособления моторно-трансмиссионной установки (МТУ) к условиям изменения в широком диапазоне тягового усилия на выполняемой отдельной операции, способствует упрощению конструктивного исполнения такого трактора, снижает расходы на его изготовление и техническое обслуживание.

Потенциальные возможности такого энергетического средства определяются не только величиной его мощности, но и степенью ее использования в условиях эксплуатации. А это значит, что производительность и топливная экономичность МТА часто зависит от квалификации тракториста. Приспособленность параметров трактора к условиям эксплуатации МТА и к особенностям характеристики двигателя постоянной мощности в значительной мере может ослабить влияние субъективного фактора на эксплуатационные показатели МТА. Поэтому обоснование и выбор передаточных чисел трансмиссии трактора с ДПМ с целью обеспечения его эффективной работы в процессе выполнения сельскохозяйственных операций является актуальной задачей.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР Волгоградского сельскохозяйственного института по комплексной теме "Поиск, разработка, обоснование, создание и исследование опытного образца энергонасыщенного гусеничного трактора ВГТЗ с двигателем постоянной мощности", № ГР 01.87.0025533.

Цель работы. Обоснование выбора ряда передаточных чисел трансмиссии сельскохозяйственного гусеничного трактора с ДПМ для работы в составе МТА с учетом его нагруженности в условиях эксплуатации.

Научная новизна. Предложена математическая модель по определению передаточных чисел трансмиссии трактора с ДПМ с учетом воздействий колебательных нагрузок. Определено влияние режимов нагружения гусеничного сельскохозяйственного трактора с ДПМ с гидромеханической и механической ступенчатой трансмиссиями на эффективность работы МТА при выполнении сельскохозяйственных операций.

Практическая ценность работы. Обоснована экономическая и техническая целесообразность создания модификации трактора ДТ-175С с ДПМ и оптимальными передаточными числами трансмиссии, обеспечивающими загрузку двигателя на наиболее экономичной корректорной ветви регуляторной характеристики двигателя. Разработана методика определения передаточных чисел трансмиссии трактора с ДПМ, которую можно использовать при проектировании и модернизации таких тракторов.

Реализация результатов исследования. Методика и результаты экспериментальных исследований приняты к использованию на Волгоградском тракторном заводе им. Ф.Э. Дзержинского. Рекомендации по рациональному диапазону рабочих скоростей трактора ДТ-175С с ДПМ использованы совхозом "Безмянский" Михайловского района, ПО "Волго-Дон" Кадачевского района Волгоградской области при создании модификации трактора ДТ-175С с ДПМ и механической трансмиссией.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы доложены, обсуждены и одобрены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава Волгоградского СХИ в 1986-1990 гг., Самаркандского СХИ в 1987-1988 гг., на научных семинарах Ленинградского СХИ в 1987 г., Волгоградского НТО в 1986 г.

Публикации. По результатам диссертационной работы опубликовано 5 работ, в том числе 2 научно-технических отчета.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов, библиографии, приложений. Общий объем 169 с., в том числе 127 с. машинописного текста, 13 табл., 36 рис., 4 с. приложений, 109 наименований литературных источников.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении отражены и обоснованы актуальность изучаемой темы, сформулированы цель и задачи работы, приведен сведения о новизне, практическом значении и реализации результатов работы.

В первой главе "Состояние вопроса и задачи исследования" приведен анализ работ, посвященных применению ДПМ на сельскохозяйственных тракторах и выбору передаточных чисел трансмиссии, а также их влиянию на технико-экономические показатели МТА.

Изучению эффективности применения ДПМ на сельскохозяйственных тракторах посвятили свои работы И.И.Трепененков, А.П.Банник, С.И.Дорменев, Л.Е.Агеев, С.Р.Зоробян, Н.Г.Кузнецов, Е.М.Харитончик и другие ученые.

Значительное число работ посвящено анализу работы ДПМ с наддувом, выбору количества передач, динамической нагруженности трак-

тора с механической (МТ) и гидромеханической (ГМТ) трансмиссиями и их влиянию на эксплуатационные качества трактора. Вместе с тем, в работах ряда зарубежных исследователей было показано, что количество передач в механических трансмиссиях определяется назначением трактора и величиной запаса крутящего момента. Если трактор сельскохозяйственного назначения и коэффициент приспособляемости K_n увеличивается до 1,3, то количество передач остается прежним, что и в трансмиссиях трактора с обычным дизелем. Другие же указывают, что число основных передач сельскохозяйственного трактора с ДПМ должно быть в пределах 3-4, а интервалы между ступенями по передаточным числам должны составлять 22-25 %. Однако вопросы обоснования влияния на формирование динамических процессов величины и характера протекания крутящего момента двигателя постоянной мощности со свободным впуском и выбор передаточных чисел трансмиссии, учитывающий колебания нагрузки до настоящего времени практически не изучены и требуют дальнейших исследований.

На основе проведенного анализа решаемой проблемы были сформулированы задачи данной работы:

- разработка математической модели, позволяющей определять передаточные числа трансмиссии трактора с ДПМ и МТ при колебаниях нагрузки на него;
- определение на основе экспериментальных исследований основных показателей и характеристик тягово-динамических свойств и топливной экономичности, а также уровней динамической нагруженности трактора с ДПМ и различными типами трансмиссий (МТ и ГМТ) в эксплуатационных условиях;
- анализ полученных эксплуатационных данных трактора с ДПМ по типам трансмиссий, эксплуатационным условиям и установление основных факторов и параметров, которые необходимо учитывать при определении передаточных чисел трансмиссии трактора с ДПМ и МТ, сравнение результатов расчетных и экспериментальных исследований;
- разработка практических рекомендаций и предложений по эффективности использования ДПМ на сельскохозяйственных тракторах.

Вторая глава "Теоретическое обоснование выбора передаточных чисел трансмиссии трактора с ДПМ" посвящена разработке математической модели по выбору передаточных чисел трансмиссии трактора с ДПМ. Основное требование, которое учитывает математическая модель: постоянное нахождение текущего значения угловой скорости вращения вала двигателя при ее колебаниях в рабочем диапазоне частот вращения валовчатого вала ДПМ на корректорном участке характеристики

двигателя (рис. 1).

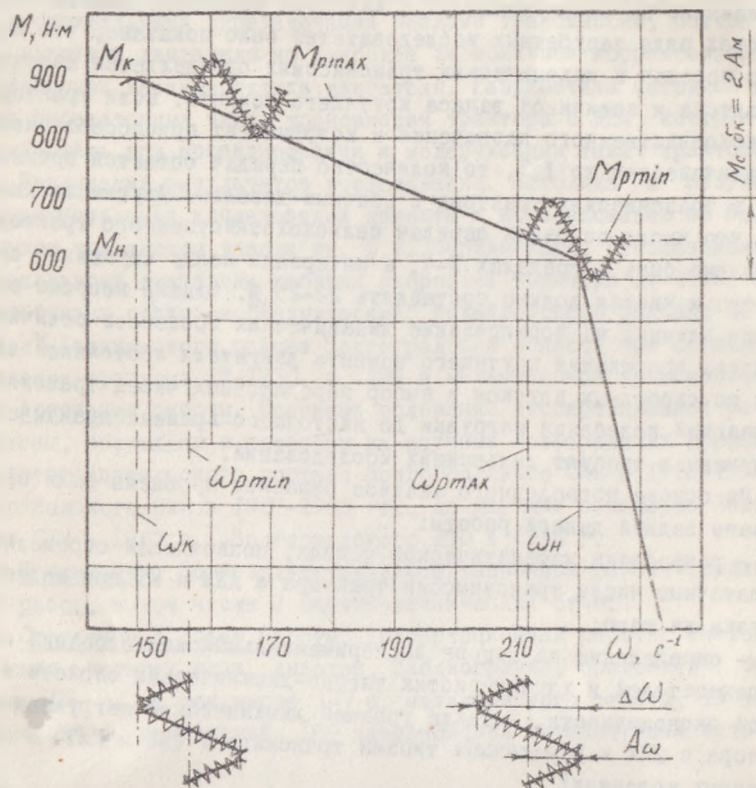


Рис. 1. Схема определения $\omega_{рmax}$ и $\omega_{рmin}$ при колебаниях нагрузки:

————— — статическая характеристика двигателя.

$$\omega_{рmax} \leq \omega_n \quad \text{и} \quad \omega_{рmin} \geq \omega_k \quad (I)$$

где $\omega_{рmax}$, $\omega_{рmin}$ — максимальная, минимальная частоты вращения при колебаниях нагрузки;
 ω_n , ω_k — частоты вращения, соответствующие номинальному M_n и максимальному M_k крутящим моментам.

Нормальная работа ДПМ обеспечивается в рабочем диапазоне частот от $\omega_{рmin}$ до $\omega_{рmax}$ при колебаниях нагрузки.

Крутящий момент на валу двигателя при текущем значении угловой скорости ω равен:

$$M_e = M_H + K_H (\omega_H - \omega), \quad (2)$$

где $K_H = (M_K - M_H) / (\omega_H - \omega_K)$ - коэффициент жесткости характеристики двигателя.

Закон изменения момента сопротивления относительно среднего его значения принят синусоидальным, а характер изменения крутящего момента в рабочем диапазоне прямолинейным, что практически соответствует статической корректорной ветви характеристики ДПМ, поэтому уравнение вращения коленвала может быть представлено выражением:

$$M_e = M_c \left(1 + \frac{\delta_K}{2} \sin mt \right) + J \frac{d\omega}{dt}, \quad (3)$$

где M_c - среднее значение момента сопротивления;
 $\delta_K = (M_{cmax} - M_{cmin}) / M_c$ - степень неравномерности момента сопротивления;
 $m = 2\pi / T$ - частота колебаний момента сопротивления;
 T - период изменения момента сопротивления;
 t - текущее время;
 J - приведенный к коленчатому валу двигателя момент инерции всех движущихся частей МТА.

Интегрирование уравнения (3) с учетом начальных условий (при $t = 0$ $\omega = \omega_p$) позволило получить выражение для расчета текущей угловой скорости:

$$\omega = \omega_p - \frac{M_c \cdot \delta_K}{2J} \left[\frac{\frac{K_H}{J} \sin mt - m \cos mt}{\left(\frac{K_H}{J}\right)^2 + m^2} \right], \quad (4)$$

где ω_p - расчетная частота, относительно которой происходит колебания.

Крайние допустимые значения ω_p (ω_{pmax} и ω_{pmin}) и соответствующие им крутящие моменты получены по формулам (2...4) с учетом условий изображенных на рис. 1, $\omega = \omega_{max} = \omega_H$ (при $t = 0$) и $\omega = \omega_{min} = \omega_K$ (при $t = T/2$):

$$\omega_{pmax} = \omega_H - M_H \cdot \delta_K \cdot m \left\{ 2J \left[\left(\frac{K_H}{J} \right)^2 + m^2 \right] - K_H \cdot \delta_K \cdot m \right\}, \quad (5)$$

$$\omega_{pmin} = \omega_K + M_K \cdot \delta_K \cdot m \left\{ 2J \left[\left(\frac{K_H}{J} \right)^2 + m^2 \right] + K_H \cdot \delta_K \cdot m \right\}, \quad (6)$$

$$M_{pmin} = M_H \left\{ 1 + \frac{\delta_K \cdot m \cdot K_H}{2J \left[\left(\frac{K_H}{J} \right)^2 + m^2 \right] - K_H \cdot \delta_K \cdot m} \right\}, \quad (7)$$

$$M_{pmax} = M_k \left\{ 1 + \frac{\delta_k \cdot m \cdot K_m}{2J \left[\left(\frac{K_m}{J} \right)^2 + m^2 \right] + K_m \cdot \delta_k \cdot m} \right\}. \quad (8)$$

На основании изложенного выше динамический коэффициент приспособляемости, реализуемый при принятых допустимых условиях загрузки ДПМ при колебательном характере тяговой нагрузки трактора в составе МТА может быть вычислен по выражению:

$$K'_n = \frac{M_{pmax}}{M_{pmin}} = K_n \cdot \frac{2J \left[\left(\frac{K_m}{J} \right)^2 + m^2 \right] - K_m \cdot \delta_k \cdot m}{2J \left[\left(\frac{K_m}{J} \right)^2 + m^2 \right] + K_m \cdot \delta_k \cdot m}. \quad (9)$$

На рис. 2 показано влияние δ_k , m , J на динамический коэффициент приспособляемости K'_n ДПМ. Повышение δ_k , уменьшение m и J снижают K'_n . Так при отсутствии колебаний момента сопротивления (на графике при $\delta_k = 0$) он равен коэффициенту приспособляемости двигателя $K_n = 1,5$.

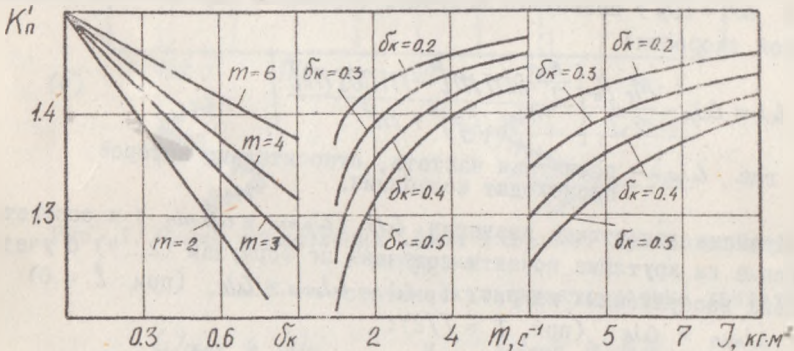


Рис. 2. Влияние степени неравномерности момента сопротивления δ_k , частоты колебаний момента сопротивления m и приведенного к коленчатому валу двигателя момента инерции всех движущихся частей МТА J на динамический коэффициент приспособляемости двигателя K'_n .

Возрастание δ_k от 0 до 0,9 при $m = 2, 3, 4, 6 \text{ с}^{-1}$ и фиксированном значении $J = 7 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ вызывает соответствующее снижение

K_n' по линейному закону от 1,5 до 1,175; от 1,5 до 1,265; от 1,5 до 1,315; от 1,5 до 1,375.

Увеличение m от 1 до 6 с^{-1} при $\delta_k = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$; $J = 7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ приводит к росту K_n' соответственно от 1,37 до 1,47; от 1,31 до 1,46; от 1,25 до 1,44; от 1,20 до 1,43.

Рост J от 3 до 9 $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ при $\delta_k = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5$; $m = 3,14 \text{ с}^{-1}$ повышает K_n' от 1,395 до 1,46; от 1,34 до 1,44; от 1,295 до 1,41; от 1,25 до 1,4 соответственно.

При учете колебаний нагрузки расчет передаточных чисел трансмиссии необходимо вести, используя значения K_n' , $M_{p\min}$ и $M_{p\max}$.

Передаточное число на первой передаче вычисляется по уравнению:

$$i_1 = P_{k\max} \cdot \Gamma_k / M_{p\max} \cdot \eta_{тр} \quad (10)$$

При известном K_n' передаточные числа на второй передаче подсчитываются по выражению:

$$i_2 = i_1 \frac{M_{p\min}}{M_{p\max}} = \frac{i_1}{K_n'} \quad (11)$$

Для последующих передаточных чисел они определяются по уравнению:

$$i_i = \frac{i_{i-1}}{K_n'} \quad (12)$$

Таким образом при создании МТУ с ДМ с учетом колебаний нагрузки на него каждое последующее передаточное число трансмиссии трактора равно предыдущему, деленному на динамический коэффициент приспособляемости двигателя K_n' .

На основании выше приведенной методики были рассчитаны передаточные числа трансмиссии трактора с двигателем постоянной мощности и механической ступенчатой трансмиссией (табл. I).

Таблица I
Основные показатели МТУ

Передачи	Трактор с ДПМ и МТ			Серийный трактор		
	ζ_{TP}	тяговое усилие, кН	скорость движения, м/с	ζ_{TP}	тяговое усилие, кН	скорость движения, м/с
1	28,6	38-52	2,69-1,97	28,89	-	-
2	21,2	27-38	3,64-2,69	21,27	27-55	10,0-5,6
3	15,7	20-27	3,64-4,39	16,12	18-40	13,4-7,7
4	-	-	-	12,27	-	-

Анализ данных таблицы I показывает, что приведенный тяговый диапазон трактор с ДПМ может преодолевать, используя первые три передачи, а серийный - две.

В третьей главе "методика экспериментальных исследований и обработка опытных данных" изложены методики экспериментальных испытаний и обработки этих данных.

Экспериментальные исследования трактора проводились на полях учебного хозяйства "Горная Поляна" Волгоградского СХИ на типичных светло-каштановых тяжелосуглинистых почвах.

Основные полевые исследования экспериментального трактора проводились на пахоте скоростным полунавесным плугом ПЛП-6-35 и на культивации пара культиватором КПС-4.

Комплекс измерительной аппаратуры, смонтированной на тракторе, позволил регистрировать при тяговых испытаниях следующие параметры: σ и δ о в н е - момент сопротивления на валу муфты сцепления двигателя, крутящие моменты на ведущих звездочках, тяговое усилие на крюке трактора; k и n е м а т и ч е с к и е - частоту вращения вала двигателя, ход рейки топливного насоса, частоту вращения ведущих звездочек, путь и скорость движения трактора; расход топлива за время опыта и температуру отработавших газов.

Полученные осциллограммы обрабатывались методами спектрального анализа с использованием стандартных программ на ЭВМ "ЕС-1840".

Полученные при экспериментальных исследованиях данные являлись базой для комплексной оценки динамической нагруженности и эксплуатационных качеств ДТ-175С с ДПМ и различными типами трансмиссии.

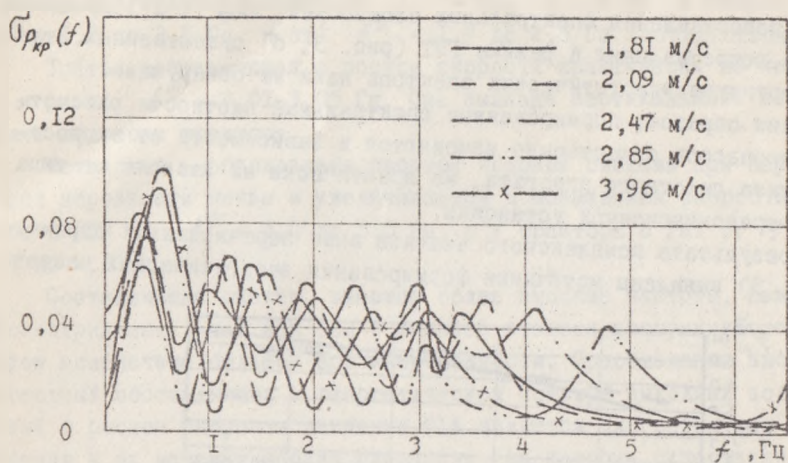
В четвертой главе "Анализ эксплуатационных режимов работы трактора ДТ-175С с ДПМ" представлены результаты экспериментальных исследований и анализ влияния ДПМ на тяговые показатели и нагруженность трактора ДТ-175С.

Характеристики динамических процессов трактора на пахоте представлены в таблице 2. Из нее видно, некоторое увеличение тягового сопротивления у трактора с ДПМ (от 1,9 до 2,8%), вызванного повышением скорости движения МТА (от 5,5 до 9,6%), что было подтверждено специальными опытами, показавшими рост чистой производительности на 6-10% и снижение расхода топлива на 8-14% по сравнению с серийным трактором. Необходимо отметить, что приведенные данные не охватывают весь диапазон тяговой характеристики трактора, который был получен при испытаниях МТА, а приведены лишь наиболее характерные режимы работы пахотного агрегата.

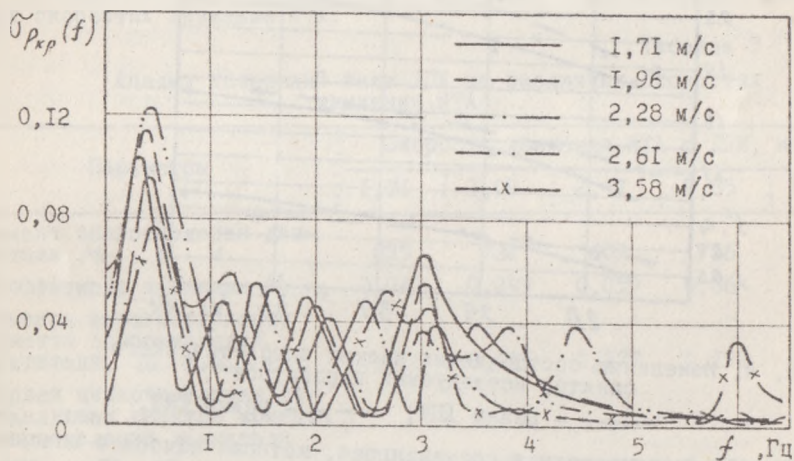
Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что в указанном диапазоне роста рабочих скоростей (снижения крутяковой нагруженности) обоих тракторов наблюдается уменьшение среднеквадратических отклонений силовых показателей ($P_{кр}$, M_n , M_n), а среднеквадратические отклонения момента сопротивления (M_c) увеличиваются. Это объясняется тем, что с повышением скорости движения трактора период колебания момента сопротивления уменьшается, а частота, как обратная величина периода колебания увеличивается. В этом случае с ростом скорости движения агрегата при снижении нагрузки на крутке коэффициенты вариации параметров $P_{кр}$, M_n , M_n , M_c увеличивается, что объясняется возрастанием доли динамического действия физико-механических свойств почвы на МТА. Большая величина коэффициентов вариации параметров $\nu_{P_{кр}}$, ν_{M_n} , ν_{M_n} на всех скоростях у трактора с ГМТ объясняется возрастанием среднего значения данных параметров у трактора с ДПМ при сохранении абсолютных значений среднеквадратических отклонений. Динамические характеристики параметров двигателя, такие как ход рейки h_p и частота вращения вала двигателя $N_{дв}$ с ростом скорости движения агрегата уменьшаются. Причем у трактора с ГМТ эти параметры меньше, что объясняется наличием практически непрозрачного гидротрансформатора в трансмиссии трактора.

Анализ спектральных плотностей тягового сопротивления, рассматриваемого как параметр возмущения, действующий на пахотный агрегат, позволяет отметить следующее (рис. 3).

Спектры дисперсии являются узкополосными и характер их протекания зависит от скорости движения агрегата. Максимальный спектр частот $\sigma_{P_{кр}}(f)$ расположен в узкой полосе от 0,3 до 0,55 Гц со смещением максимального значения в область более высоких частот при увеличении скорости движения МТА. При этом основной диапазон частот составляет 0-6 Гц.



а



б

Рис. 3. Нормированные спектральные плотности тягового сопротивления при разных скоростях движения МТА:

а - режим ДПМ; б - режим ГМТ

Из сопоставления спектральных плотностей $\bar{\sigma}_{\text{кр}}(f)$ процесса тягового сопротивления в режиме ГМТ (рис. 3, б) существенных отличий в структуре энергетических спектров нами не обнаружено.

Таким образом, порчируванные спектральные плотности рассмотренных процессов существенно изменяются в зависимости от скоростного режима пахотного агрегата, но практически не зависят от типа моторно-трансмиссионной установки.

В результате комплексного анализа выше перечисленных параметров (гл. 3) выявлены источники формирования энергетических частот.

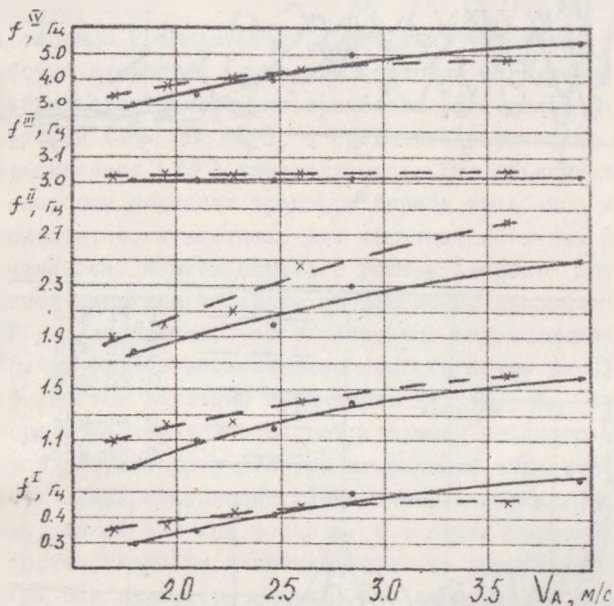


Рис. 4. Изменение составляющих частот энергетического спектра исследуемых параметров

— режим ДЛМ; --- режим ГМТ.

Первая низкочастотная составляющая, которая наиболее опасна для работы двигателя, с ростом скорости V_A для трактора с ДЛМ увеличивается от $f^I = 0,3$ до $0,55$ Гц, а у трактора с ГМТ от $f^I = 0,35$ до $0,46$ Гц (рис. 4). Она формируется за счет деформации почвы рабочими органами, неоднородности ее физико-механических свойств и макрорельефа.

Вторая — вызвана продольно-угловыми колебаниями: подвески трактора, также увеличивается с ростом скорости движения и имеет два максимума спектра. Первый у трактора с ДЛМ изменяется от $f^{II} = 0,9$ до

1,6 Гц, а у трактора с ГМТ от $f^{\text{II}} = 1,1$ до 1,6 Гц, а второй от $f^{\text{III}} = 1,8$ до 2,5 Гц и от $f^{\text{IV}} = 1,9$ до 2,8 Гц соответственно.

Третья составляющая с ростом скорости практически не меняется и равна $f^{\text{III}} = 3,01-3,05$ Гц. Она вызвана вертикальными колебаниями подвески трактора.

Четвертая - обусловлена работой ходовой системы при переезде через неровности почвы и увеличивается с повышением скорости трактора с ДПМ от $f^{\text{IV}} = 3,0$ до 5,5 Гц, а у трактора с ГМТ от $f^{\text{IV}} = 3,4$ до 4,8 Гц.

Составляющие спектр, имевшие более высокие частоты, нами не рассматривались, так как они в меньшей степени воспринимаются трактором вследствие большой его инерционности. Преобладание высокочастотных составляющих в энергетическом спектре выходных воздействий с ростом скорости движения МТА является благоприятным по отношению к их математическим ожиданиям, на которые существенное влияние оказывают низкочастотные составляющие энергетических спектров, рассмотренные нами выше.

В таблице 3 представлен анализ колебания вала ДПМ на различных скоростях движения МТА.

Таблица 3
Анализ колебаний вала ДПМ на различных скоростях движения МТА

Параметры	Скорость движения МТА с ДПМ, м/с				
	1,81	2,09	2,47	2,85	3,96
Момент сопротивления двигателя M_c , Н · м	835	722	609	716	670
Коэффициент вариации M_c, ν_{M_c}	0,042	0,049	0,059	0,064	0,0705
Степень неравномерности момента сопротивления двигателя, $\delta_k = 3 \nu_{M_c}$	0,126	0,147	0,177	0,192	0,211
Первая низкочастотная составляющая спектра момента сопротивления двигателя					
m, c^{-1}	1,880	2,198	2,512	3,014	3,454
$(f, Гц)$	(0,30)	(0,35)	(0,40)	(0,48)	(0,55)
Размах колебаний вала ДПМ					
а) по формуле (13)	69,74	61,59	55,49	60,01	54,31
б) $\Delta \omega = 3 \cdot \delta_k$	70,65	63,15	60,20	58,90	54,30
Погрешность в определении $\Delta \omega, \%$	1,3	2,5	7,8	1,9	0

Размах колебаний $\Delta\omega$ определялся по формуле

$$\Delta\omega = \omega_{\max} - \omega_{\min} = \frac{M_r \cdot \delta_k}{J} \left[\frac{m}{\left(\frac{K_M}{J}\right)^2 + m^2} \right] \quad (13)$$

и известным характеристикам случайного процесса изменения момента сопротивления двигателя M_c и частоты вращения $N_{\Delta\omega}$. В этом случае в уравнении (13) использовалась первая низкочастотная составляющая частотного спектра.

Из таблицы 3 видно, что низкочастотная составляющая с увеличением скорости движения агрегата растет от $f^I = 0,3$ до $f^I = 0,55$ Гц ($m = 1,88-3,45 \text{ с}^{-1}$). В этом случае также увеличивается и коэффициент вариации ν_{M_c} от 0,042 до 0,0705 и связанная с ним степень неравномерности момента сопротивления $\delta_k = 3 \cdot \nu_{M_c}$ от 0,126 до 0,211.

Совместное влияние указанных факторов с увеличением скорости движения приводит к уменьшению размаха колебаний $\Delta\omega$, рассчитанному по формуле (13) от 69,74 до 54,31 мин^{-1} , а в экспериментах по зависимости $\Delta\omega = 3 \cdot \sigma_{\omega}$ от 70,65 до 54,3 мин^{-1} . Отсюда видна хорошая сходимость теоретических и экспериментальных данных. Это указывает на то, что при замене случайной нагрузки гармоническими колебаниями, приведенными к валу ДПМ, можно использовать зависимости:

$$M_c \delta_k = 2 A_m = 3 \sigma_M \quad \text{или} \quad \delta_k = 3 \sigma_M / M_c = 3 \nu_{M_c} \quad (14)$$

тогда:

$$m = \frac{\sigma_M}{2J \sigma_{\omega}} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_M}{2J \cdot \sigma_{\omega}}\right)^2 - \left(\frac{K_M}{J}\right)^2} \quad (15)$$

Эти положения нами использовались во второй главе при теоретическом исследовании работы энергетической установки и выборе передаточных чисел трансмиссии трактора с ДПМ.

Расширение сферы применения опытного трактора, а следовательно и времени его годовой загрузки, способствует увеличению годового экономического эффекта. Так при увеличении времени загрузки от 500 до 1500 часов при производительности $W_4 = 1,34 \text{ га/ч}$ он изменяется от 1346 до 1687 рублей.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

1. Предложена математическая модель по определению передаточных чисел трансмиссии трактора с ДПМ, учитывающая условия его работы при эксплуатации (δ_k и m), величину нагрузки M_c , характеристику двигателя K_n , приведенный момент инерции МТА J и динамический коэффициент приспособляемости K_n' .

2. Динамический коэффициент приспособляемости K_n' всегда меньше коэффициента приспособляемости двигателя K_n и зависит от выше перечисленных параметров. При отсутствии колебания они равны ($K_n' = K_n$). При возрастании δ_k от 0 до 0,9 он уменьшается по линейному закону от 1,5 до 1,265, увеличении m от 1,0 до 6,0 с^{-1} и J от 3 до 9 $\text{кг} \cdot \text{м}^2$ он растет соответственно от 1,31 до 1,46 и 1,34 до 1,44.

3. Рациональные параметры МТУ трактора ДТ-175С получены при динамическом коэффициенте приспособляемости двигателя $K_n' \geq 1,35$, учитываемем даже самые тяжелые условия нагружения гусеничного трактора класса 30 кН в составе машинно-тракторных агрегатов, работающих на тяжелых сухих почвах ($\delta_k = 0,5$, $m = 3,14 \text{ с}^{-1}$). Необходимое число передач при этом оказалось равным 3.

4. Эксплуатационными исследованиями установлено, что применение на тракторе типа ДТ-175С ДПМ с механической трехскоростной коробкой передач обеспечивает автоматичность работы МТА на установившихся режимах при выполнении отдельной сельскохозяйственной операции без гидротрансформатора. Благодаря этому достигается повышение производительности трактора на пахоте на 6-10 % и топливной экономичности на 8-14 %.

5. Анализ спектральных плотностей случайных процессов трактора с ДПМ на режимах МТ и ГМТ показывает, что основная доля энергетических спектров приходится на диапазон 0-6 Гц, в котором присутствует четыре составляющих.

Первая составляющая формируется при взаимодействии рабочих органов с почвой и при увеличении скорости движения МТА (у трактора в режиме ДПМ от 1,81 до 3,96 м/с, а в режиме ГМТ от 1,71 до 3,58 м/с) изменяется соответственно от $f^I = 0,3$ до $f^I = 0,55$ Гц и $f^I = 0,35$ до $f^I = 0,46$ Гц.

Вторая составляющая вызвана продольно-угловыми колебаниями подвески трактора и она также увеличивается с ростом скорости МТА и имеет два максимума спектра. У трактора с ДПМ она изменяется от $f^{II} = 0,9$ до 1,6 Гц и $f^{II} = 1,8$ до 2,5 Гц, а у трактора с ГМТ от $f^{II} = 1,1$ до 1,6 Гц и $f^{II} = 1,9$ до 2,8 Гц.

Библиотека

СамХИ

ИИР

А-13308

Третья составляющая равна для обеих модификаций трактора $f^{\text{III}} = 3,01-3,05$ Гц, определяется колебаниями подвески трактора и не зависит от изменения скорости движения МТА.

Четвертая составляющая обусловлена работой ходовой системы при переезде через неровности почвы и увеличивается с ростом скорости у трактора с ДПМ от $f^{\text{IV}} = 3,0$ до 5,5 Гц, а у трактора с ГМТ от $f^{\text{IV}} = 3,4$ до 4,8 Гц.

6. Различие динамических показателей работы двигателей по среднеквадратичным отклонениям момента сопротивления на коленвалах у тракторов с ДПМ + МТ (35,07-42,2 Н · м) и в режиме ГМТ (9,47-14,35 Н · м) объясняется принципиальной разницей назначения двигателей в моторно-трансмиссионных установках испытываемых МТУ тракторов: на тракторах с непрозрачным ГМТ он является практически стационарной энергетической установкой, а на тракторах с ДПМ - дополнительно автоматическим устройством, в основном определяющим преобразующие свойства МТУ.

Снижение напряженности нагрузочного режима ДПМ со свободным впуском дефорсированием исходной модели по среднему эффективному давлению позволяет преодолевать ему повышенную динамичность без снижения надежности работы и без выхода на режимы эксплуатации с ограниченным допустимым временем их использования.

7. Весь тяговый диапазон сельскохозяйственного гусеничного трактора с ДПМ со свободным впуском обеспечивается тремя передачами с механической трансмиссией, а у трактора с ГМТ - двумя. Однако для расширения сферы применения трактора с ГМТ, особенно при выполнении технологических операций на пониженных скоростях, ему необходимо еще две технологические. Для обеспечения заданной скорости движения для выполнения технологических операций ДПМ может работать на регуляторной ветви характеристики. Это обеспечивается соответствующим выбором передаточного отношения и частичной подачей топлива.

8. Годовой экономический эффект зависит от времени загрузки агрегата и его производительности, так при изменении загрузки от 500 до 1500 часов при производительности МТА $W_4 = 1,34$ га/ч он изменяется от 1346 до 1687 рублей.

Основные положения диссертации
опубликованы в следующих работах:

1. Кривов В. Г., Флиегел В. К., Нарбаев Х. Возможности применения ДПМ на гусеничном тракторе класса 30 кН // Роль молодых ученых и специалистов в интенсификации сельскохозяйственного производства: Материалы конференции молодых ученых. Волгоград, 1986. С. 111.

2. Кузнецов Н. Г., Кривов В. Г., Кульченко Н. И., Флиегел В. К., Нарбаев Х. Трактор ДТ-175С ВГТЗ с двигателем постоянной мощности (ДПМ) // Проблема совершенствования технического уровня тракторов и реконструкции ВГТЗ. Тез. докл. Волгоград, 1986. С. 36—38.

3. Кузнецов Н. Г., Кривов В. Г., Нарбаев Х., Флиегел В. К. Обоснование выбора передаточных отношений коробки передач для трактора ДТ-175С с двигателем постоянной мощности // Средства повышения эксплуатационных качеств машинно-тракторных агрегатов // Волгоградский с.-х. ин-т. Волгоград, 1988. С. 58—63.

4. Поиск, разработка, обоснование, создание и исследование опытного образца энергонасыщенного гусеничного трактора ВГТЗ с двигателем постоянной мощности. Часть I: Отчет о НИР / Волгоградский с.-х. ин-т; рук. темы Н. Г. Кузнецов. № ГР 01.87.0025533. Инв. № 02.87.0087618. Волгоград, 1987. 91 с.

5. Поиск, разработка, обоснование, создание и исследование опытного образца энергонасыщенного гусеничного трактора ВГТЗ с двигателем постоянной мощности. Часть II: Отчет о НИР / Волгоградский с.-х. ин-т; рук. темы Н. Г. Кузнецов. № ГР 01.87.0025533. Инв. № 02.89.0008570. Волгоград, 1988. 51 с.

